



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102449834 B

(45) 授权公告日 2014. 05. 28

(21) 申请号 201080023082. 1

H01M 16/00 (2006. 01)

(22) 申请日 2010. 04. 12

(56) 对比文件

(30) 优先权数据

2009-125017 2009. 05. 25 JP

JP 2008-218398 A, 2008. 09. 18, 全文.

CN 101326662 A, 2008. 12. 17, 全文.

WO 2008/004564 A1, 2008. 01. 10, 全文.

US 2006/0029845 A1, 2006. 02. 09, 全文.

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2011. 11. 25

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/IB2010/000786 2010. 04. 12

(87) PCT国际申请的公布数据

W02010/136856 EN 2010. 12. 02

(73) 专利权人 丰田自动车株式会社

地址 日本爱知县丰田市

(72) 发明人 吉田道雄

(74) 专利代理机构 中原信达知识产权代理有限

责任公司 11219

代理人 孙志湧 穆德骏

审查员 梁曼

(51) Int. Cl.

H01M 8/04 (2006. 01)

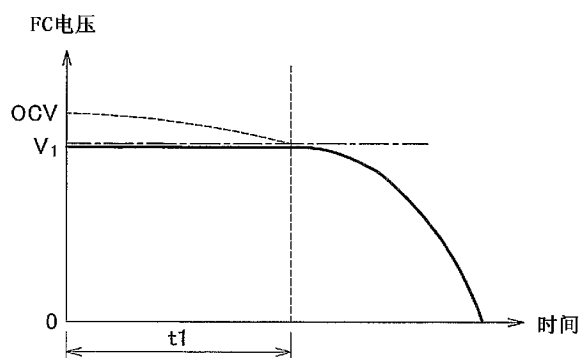
权利要求书2页 说明书9页 附图4页

(54) 发明名称

燃料电池系统和控制燃料电池系统的方法

(57) 摘要

一种燃料电池系统, 配备有: 燃料电池; DC/DC 变换器, 其电连接至燃料电池; 以及控制单元, 其控制对燃料电池的燃料气体和氧化气体的供应, 并且向 DC/DC 变换器发出电压指令并驱动 DC/DC 变换器来执行限制燃料电池的输出电压超过比开路电压低的高电势避免电压的高电势避免控制。在响应于系统操作停止指令的输入而停止向燃料电池供应氢和空气之后, 控制单元继续驱动 DC/DC 变换器以便执行高电势避免控制持续预定时间。



1. 一种燃料电池系统 (10), 其特征在于包括:

燃料电池 (12), 所述燃料电池 (12) 被供应燃料气体和氧化气体以产生电力;

DC/DC 变换器 (72), 所述 DC/DC 变换器 (72) 电连接至所述燃料电池; 以及

控制单元 (90), 所述控制单元 (90) 控制对所述燃料电池的所述燃料气体和所述氧化气体的供应, 并且向所述 DC/DC 变换器发出电压指令并驱动所述 DC/DC 变换器执行高电势避免控制, 以抑制所述燃料电池的输出电压超过与所述电压指令相对应的高电势避免电压, 所述高电势避免电压低于开路电压,

其中, 在根据系统操作停止指令停止向所述燃料电池供应所述燃料气体和所述氧化气体之后, 所述控制单元继续驱动所述 DC/DC 变换器执行所述高电势避免控制以持续第一指定时间段;

在所述系统操作停止指令被输入到所述控制单元之后, 在执行所述高电势避免控制的同时, 所述控制单元执行将用于所述 DC/DC 变换器的所述电压指令从与所述高电势避免电压相对应的第一值降低到第二值的控制; 并且

在将用于所述 DC/DC 变换器的所述电压指令从所述第一值减小到所述第二值之后, 所述控制单元将用于所述 DC/DC 变换器的所述电压指令增加到所述第一值。

2. 根据权利要求 1 所述的燃料电池系统, 进一步包括:

蓄电装置, 所述蓄电装置利用由所述燃料电池产生的电力来被充电,

其中, 所述控制单元在对用于为所述蓄电装置进行充电的电力进行监视的同时, 确定将用于所述 DC/DC 变换器的所述电压指令从所述第一值降低到所述第二值的速率。

3. 根据权利要求 1 所述的燃料电池系统, 进一步包括:

电压传感器 (16), 所述电压传感器 (16) 检测所述燃料电池的输出电压,

其中, 所述第一指定时间段被设定为等于在当所述系统操作停止指令被输入到所述控制单元时与在当通过所述电压传感器检测的电压开始从所述高电势避免电压下降时之间的时间。

4. 根据权利要求 1 所述的燃料电池系统, 其中, 所述第一指定时间段是预设时间, 该预设时间被设定为等于在所述系统操作停止指令被输入到所述控制单元之后、直到所述燃料电池中的残留氧化气体被消耗至以使得通过由残存在所述燃料电池中的所述残留氧化气体和残留燃料气体的电化学反应导致的发电所产生的输出电压不超过所述高电势避免电压时所需的时间。

5. 根据权利要求 1 所述的燃料电池系统, 其中, 所述控制单元将用于所述 DC/DC 变换器的所述电压指令保持在所述第二值以持续第二指定时间段。

6. 根据权利要求 5 所述的燃料电池系统, 其中, 所述第二值对应于在所述燃料电池的还原区域中的电压。

7. 一种用于控制燃料电池系统的方法, 所述燃料电池系统包括: 燃料电池 (12), 所述燃料电池 (12) 被供应燃料气体和氧化气体以产生电力; DC/DC 变换器 (72), 所述 DC/DC 变换器 (72) 电连接至所述燃料电池; 以及控制单元 (90), 所述控制单元 (90) 控制对所述燃料电池的所述燃料气体和所述氧化气体的供应, 其中, 所述控制单元向所述 DC/DC 变换器发出电压指令并驱动所述 DC/DC 变换器执行高电势避免控制, 以抑制所述燃料电池的输出电压超过与所述电压指令相对应的高电势避免电压, 所述高电势避免电压低于开路电压,

所述方法特征在于包括：

当系统操作停止指令被输入到所述控制单元时，停止对所述燃料电池的所述燃料气体和所述氧化气体的供应；以及

在所述系统操作停止指令被输入到所述控制单元之后，继续驱动所述 DC/DC 变换器执行所述高电势避免控制以持续第一指定时间段；

其中，在执行将用于所述 DC/DC 变换器的所述电压指令从第一值减小到第二值的控制之后，将用于所述 DC/DC 变换器的所述电压指令升高到所述第一值。

8. 根据权利要求 7 所述的方法，其中，在所述系统操作停止指令被输入到所述控制单元之后，当执行所述高电势避免控制时，将用于所述 DC/DC 变换器的所述电压指令从与所述高电势避免电压相对应的第一值降低到第二值。

9. 根据权利要求 7 所述的方法，其中，

所述燃料电池系统进一步包括蓄电装置，所述蓄电装置利用由所述燃料电池产生的电力来被充电；以及

以在对用于为所述蓄电装置进行充电的电力进行监视的同时确定的速率将用于所述 DC/DC 变换器的所述电压指令从所述第一值降低到所述第二值。

10. 根据权利要求 7 所述的方法，其中，

所述燃料电池系统进一步包括电压传感器，所述电压传感器检测所述燃料电池的输出电压；以及

所述第一指定时间段被设定为等于在当所述系统操作停止指令被输入到所述控制单元时与在当通过所述电压传感器检测的电压开始从所述高电势避免电压下降时之间的时间。

11. 根据权利要求 7 所述的方法，其中，所述第一指定时间段是预设时间，该预设时间被设定为等于在所述系统操作停止指令被输入到所述控制单元之后、直到所述燃料电池中的残留氧化气体被消耗至以使得通过由残存在所述燃料电池中的所述残留氧化气体和残留燃料气体的电化学反应导致的发电所产生的输出电压不超过所述高电势避免电压时所需的时间。

12. 根据权利要求 7 所述的方法，其中，用于所述 DC/DC 变换器的所述电压指令被保持在所述第二值以持续第二指定时间段。

燃料电池系统和控制燃料电池系统的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种燃料电池系统以及一种控制燃料电池系统的方法。具体地，本发明涉及一种通过 DC/DC 变换器来控制燃料电池的输出电压的燃料电池系统，以及该燃料电池系统的控制方法。

背景技术

[0002] 传统的燃料电池通过氢和空气中的氧的电化学反应来产生电力。燃料电池是一种清洁的发电单元，其不排放被认为是导致全球变暖的原因的二氧化碳。期望燃料电池成为用于采用电动机作为动力源的电动车辆的供电单元。

[0003] 通常，燃料电池被构造为包括多个单位燃料电池的电池堆，单位燃料电池中的每个单位燃料电池产生电力，串联连接并相互层压。每个单位燃料电池可以通过例如将阳极侧电极和阴极侧电极之间的固体聚合物电解质隔膜进行夹紧，然后将两个分离器之间的这个组件进行夹紧来构造，这两个分离器中的一个在其中具有氢流动通道，而另一个在其中具有空气流动通道。

[0004] 电极中的每个具有与电解质隔膜接触的催化层，以及在该催化层的表面上形成的气体扩散层。催化层主要由携带金属催化剂的碳粉末组成，金属催化剂包括例如铂。另外，气体扩散层是空气可渗透的并且导电的。

[0005] 在上面描述的单位燃料电池中，供应到阳极侧电极的氢由于催化层的活化作用而释放电子，并因此转变为氢离子（即，质子）。氢离子渗透在潮湿状态下呈现良好离子传导性的电解质隔膜，并且移动到阴极侧。另外，在转变为氢离子过程中释放出来的电子被从单位燃料电池中的每个单位燃料电池的阳极侧电极取出、收集，并输出为由燃料电池堆产生的电力。相反，供应到阴极侧电极的空气中的氧由于催化层的活化作用而吸收已经从堆的外部重新循环到每个单位燃料电池的阴极侧电极的电子，并因此转变为氧离子。然后，氧离子与已经渗透电解质隔膜的氢离子形成电化学结合，由此产生水。这样产生的水与从每个单位燃料电池排放的空气一起经由歧管从燃料电池堆中排放出来。

[0006] 众所周知，当在具有如上所述发电功能的燃料电池中保持作为最大可能输出电压的开路电压（OCV）的状态时，铂催化剂洗脱并劣化。因此，向燃料电池的氢和空气的供应，例如，被调整或停止以便以等于或低于最大操作电压的电压来执行发电操作，其中最大操作电压低于开路电压。

[0007] 在这种情况下，在安装有燃料电池系统的车辆中，当响应于用户的开关操作而停止燃料电池系统的操作时，为了转变或控制从燃料电池输出的电压，可以想到停止向燃料电池供应氢和空气，并关断电力设备。在这种情况下，甚至在系统操作期间如上所述将输出电压控制到等于或低于比开路电压更低的最大操作电压的电压，由于在系统操作停止之后剩余在燃料电池中的氢和空气，发电仍在继续。结果，出现了每个单位燃料电池的电动势升高到开路电压的问题。

[0008] 例如，日本专利申请公布 No. 2005-100820 (JP-A-2005-100802) 描述了一种燃料

电池系统,其在正常停止操作终止之后仅向燃料电池供应氢,消耗剩余在燃料电池中的空气电极上的氧,并因此降低了燃料电池的电压。这个公布描述了通过保持在高电势、无负载状态,能够防止燃料电池劣化,并且能够降低浪费的排放的氢的量以避免燃料消耗劣化。

[0009] 此外,日本专利申请公布 No. 2008-218398 (JP-A-2008-218398) 描述了通过在发电停止状态对电连接到燃料电池的 DC/DC 变换器的操作,控制燃料电池的输出电压以便保持在低于开路电压的高电势避免电压,通过对其状态做出发电操作状态和操作停止状态之间的切换来间歇地操作燃料电池。

[0010] 但是,JP-A-2005-100802 仅描述了在系统的操作停止之后仅向燃料电池供应氢,消耗剩余在燃料电池中的氧,并因此降低燃料电池的电压。就如何抑制燃料电池的输出电压由于在消耗剩余氧中出现的电力产生而升高到开路电压,该公布没有给出任何具体描述。

[0011] 另外,就在燃料电池的间歇操作期间将燃料电池的输出电压保持在低于开路电压的高电势避免电压而言,JP-A-2008-218398 是有效的。但是,对于在包括燃料电池的系统的操作的停止之后抑制燃料电池的输出电压升高到开路电压的必要性,该公布没有提供任何解决方案。

发明内容

[0012] 本发明提供一种燃料电池系统以及控制该燃料电池系统的方法,所述燃料电池系统防止在包括燃料电池的系统的操作停止之后燃料电池的输出电压增大到开路电压,由此抑制了燃料电池中催化剂的劣化。

[0013] 本发明的第一方面涉及一种燃料电池系统。该燃料电池系统配备有:燃料电池,所述燃料电池被供应有燃料气体和氧化气体以产生电力;DC/DC 变换器,其电连接到燃料电池;以及控制单元,其控制对燃料电池的燃料气体和氧化气体的供应,并且向 DC/DC 变换器发出电压指令并驱动 DC/DC 变换器来执行高电势避免控制以抑制燃料电池的输出电压超过与电压指令相对应的高电势避免电压,所述高电势避免电压低于开路电压。在根据系统操作停止指令来停止对燃料电池的燃料气体和氧化气体的供应之后,控制单元继续驱动 DC/DC 变换器以执行高电势避免控制持续第一指定时间段。

[0014] 在上述构造中,在系统操作停止指令被输入到控制单元之后,在执行高电势避免控制的同时,控制单元可以执行将用于 DC/DC 变换器的电压指令从与高电势避免电压相对应的第一值降低到第二值的控制。

[0015] 另外,上述构造可以进一步配备由燃料电池产生的电力进行充电的蓄电装置,并且在监控用于对蓄电装置充电的电力的同时,控制单元可以确定用于 DC/DC 变换器电压指令从第一值降低到第二值的速率。

[0016] 另外,上述构造可以进一步配备检测燃料电池的输出电压的电压传感器,并且第一指定时间段可以被设定为等于系统操作停止指令输入到控制单元时与由电压传感器检测的电压开始从与电压指令相对应的高电势避免电压降低时之间的时间。此外,在上述构造中,第一指定时间段可以是预设时间,其被设定为等于在系统操作停止指令输入到控制单元之后、直到燃料电池中残留的氧化气体被消耗成使得通过由剩余在燃料电池中的残留的氧化气体和残留的燃料气体的电化学反应导致的发电所产生的输出电压不超过高电势

避免电压所需的时间。

[0017] 本发明的第二方面涉及控制燃料电池系统的方法,该系统配备有:燃料电池,所述燃料电池被供应有燃料气体和氧化气体以产生电力;DC/DC变换器,其电连接到燃料电池;以及控制单元,其控制对燃料电池的燃料气体和氧化气体的供应,并且向DC/DC变换器发出电压指令并驱动DC/DC变换器来执行高电势避免控制以抑制燃料电池的输出电压超过与电压指令相对应的高电势避免电压,所述高电势避免电压低于开路电压。控制燃料电池系统的方法包括:当系统操作停止指令输入到控制单元时停止对燃料电池的燃料气体和氧化气体的供应,以及在系统操作停止指令输入到控制单元之后继续驱动DC/DC变换器来执行高电势避免控制持续第一指定时间段。

[0018] 根据本发明的燃料电池系统及其控制方法,在燃料电池系统的操作停止之后,继续驱动DC/DC变换器,并由此执行高电势避免控制持续预定时间以控制燃料电池的电压在低于开路电压的高电势避免电压之下。因此,能够抑制燃料电池的输入电压在系统操作停止之后升高到开路电压。结果,能够抑制燃料电池中的催化剂劣化。

[0019] 此外,在上述控制方法中,在系统操作停止指令输入到控制单元之后,在高电势避免控制期间,可以执行将用于DC/DC变换器的电压指令从与高电势避免电压相对应的第一值降低到第二值的控制。根据该控制方法,能够促进在燃料电池中的发电以加速剩余氧气的消耗,并且能够缩短用于在系统操作停止之后驱动DC/DC变换器的时间。因此,能够缩短从系统操作停止的时刻到DC/DC变换器关断并且在燃料电池系统中包括的系统主继电器断开的时刻的时间。

附图说明

[0020] 在下面参考附图对本发明示例实施例的详细描述中,将描述本发明的特征、优点以及技术和工业意义,在附图中类似的标记指示类似的元件,并且其中:

[0021] 图1是示意性示出根据本发明实施例的燃料电池系统的整体构造的视图;

[0022] 图2是单位燃料电池的分解透视图;

[0023] 图3是示出在系统操作停止之后燃料电池的输出电压如何随时间变化的曲线图;

[0024] 图4是示出在系统操作停止之后燃料电池的输出电压如何随时间变化的另一个曲线图;以及

[0025] 图5是示出在系统操作停止之后燃料电池的输出电压如何随时间变化的又一曲线图。

具体实施方式

[0026] 在下文中,将参考附图来详细描述本发明的实施例。在描述中,具体的形状、材料、值、方向等是便于理解本发明的示例,并且可以在适当时根据应用、目的、规格等进行改变。

[0027] 图1是示出其中根据本发明实施例的燃料电池系统10用作燃料电池动力车辆的车载电力供应系统的示例的整体系统示意图。燃料电池系统10包括:燃料电池堆(燃料电池)12,其被供应有燃料气体和氧化气体来产生电力;空气供应系统30,其用于向燃料电池堆12供应空气中的氧作为氧化气体;氢供应系统50,用于向燃料电池堆12供应氢作为燃料气体;电力系统70,其用于控制向电池组74充电/放电的电力;以及ECU(控制单元)90,

其全面地控制整个燃料电池系统。

[0028] 燃料电池堆 12 是具有相互层压串联电连接的多个单位燃料电池的固体聚合物电解质隔膜型电池堆。在燃料电池堆 12 中,表示为 $H_2 \rightarrow 2H^+ + 2e^-$ 的氧化反应发生在燃料电极处(在阳电极处),并且表示为 $(1/2)O_2 + 2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2O$ 的还原反应发生在空气电极处(在阴电极处)。然后,在燃料电池堆 12 作为整体中,发生了表示为 $H_2 + (1/2)O_2 \rightarrow H_2O$ 的电化学反应。

[0029] 燃料电池堆 12 经由系统主继电器 14 电连接至电力系统 70。系统主继电器 12 接收来自 ECU90 的指令以开-关的方式受控。此外,用于检测燃料电池堆 12 的输出电压(在下文也称作“FC 电压”)的电压传感器 16 和用于检测燃料电池堆 12 的输出电流(在下文也称作“FC 电流”)的电流传感器 18 被安装在将燃料电池堆 12 连接到电力系统 70 的电力线上。

[0030] 空气供应系统 30 具有空气供应通道 32 和空气排放通道 34,供应到燃料电池堆 12 的空气电极的空气经由空气供应通道 32 流动,从燃料电池堆 12 排放的空气经由空气排放通道 34 流动。空气供应通道 32 提供有:空气压缩机 38,其经由空气过滤器 36 吸入周围空气;增湿器 40,其用于适当地加湿由空气压缩机 38 压缩和增压的空气;以及截流阀 42,其用于切断对燃料电池堆 12 的空气供应。空气排放通道 34 提供有:截流阀 44,其用于切断从燃料电池堆 12 的空气排放;以及压力调节阀 46,其用于调节空气供应压力。此外,空气排放通道 34 穿过增湿器 40,使得在流经增湿器 40 中收集与空气一起从燃料电池堆 12 排放的水,然后用来加湿经由空气供应通道 32 供应的空气。

[0031] 氢供应系统 50 包括氢供应源 52,诸如,例如,高压氢罐;氢供应通道 54,氢气经由氢供应通道 52 从氢供应源 52 供应到燃料电池堆 12 的燃料电极;氢排放通道 56,氢废气经由氢排放通道 56 从燃料电池堆 12 排放;循环通道 58,其从氢排放通道 56 分叉,并且连接到氢供应通道 54;以及循环泵 60,其通过循环通道 58 将氢废气从氢排放通道 56 循环到氢供应通道 54。

[0032] 截流阀 61、压力调节阀 62、喷射器 63、截流阀 64 和压力传感器 65,以所述的顺序,在氢气供应流动的方向上,安装在从氢供应源 52 连接到燃料电池堆 12 的氢供应通道 54 中。其中,截流阀 61 切断从氢供应源 52 的氢气的流出;压力调节阀 62 调节氢供应源 52 中的氢气的压力;喷射器 63 用于调节供应到燃料电池堆 12 的氢的量;截流阀 64 用于切断对燃料电池堆 12 的氢气供应;并且压力传感器 65 检测供应到燃料电池堆 12 的氢气的压力。截流阀 66 和氢废气排放截流阀 67,以所述的顺序,在其中排放的氢废气流动的方向上,安装在氢排放通道 56 中。其中,截流阀 66 用于切断从燃料电池堆 12 的氢废气的排放,并且氢废气排放截流阀 67 用于从系统排放氢废气。

[0033] 受 ECU 90 控制的电磁阀等被用作截流阀 42、44、61、64、66 和 67,这些分别包括在空气供应系统 30 和氢供应系统 50 中。此外,压力调节阀 46 和 62 分别将压力调节阀 46 和 62 的上游侧的一次压力调节到预设的二次压力。例如,用于减小一次压力的机械减压阀等可以用作压力调节阀 46 和 62。此外,喷射器 63 是使用电磁驱动力来开/关的电磁开/关阀等,并且通过阀体的开度或者阀打开时间来调节流经喷射器 63 的氢气的流速和压力。

[0034] 电力系统 70 包括 DC/DC 变换器 72、电池组 74、逆变器 76、交流电动机 78 以及辅助设备 80。燃料电池系统 10 被构造为其中 DC/DC 变换器 72 和逆变器 76 并联连接到燃料电

池堆 12 的并联混合系统。DC/DC 变换器 72 增加从电池组 74 供应的直流电压,并且向逆变器 76 输出增加的直流电压。DC/DC 变换器 72 也减小由燃料电池堆 12 产生的直流电力或者通过再生制动由交流电动机 78 产生的再生电力,并且以减小的电力对电池组 74 充电。由于 DC/DC 变换器 72 的功能,电池组 74 的充电 / 放电是受控的。此外,响应于来自 ECU 90 的电压指令,DC/DC 变换器 72 的输出电压是受控的,并由此燃料电池堆 12 的操作状态 (FC 电压和 FC 电流) 是受控的。

[0035] 电池组 74 用作用于多余电力和再生制动时的再生能量的蓄电装置。电池组 73 也可以用作在燃料电池动力车辆的加速或减速导致的负载波动期间的能量缓冲器。例如,诸如锂二次电池等的二次电池优选地用作电池组 74。但是,替代电池组,存储电荷而不依赖化学反应的电容器可以代替来用作蓄电装置。用于检测充电状态 (SOC) 的 SOC 传感器 75 安装在电池组 74 上。更具体的说,SOC 传感器 75 可以是检测电池组电流的电流传感器。ECU 90 通过对电流传感器检测的值进行积分来监控电池组 74 的剩余容量。此外,尽管未示出,电池组 74 提供有温度传感器,其检测电池组 74 的温度并将检测的温度输出到 ECU90。

[0036] 逆变器 76 是根据例如脉冲宽度调制控制方法或者矩形波控制方法来驱动的逆变器。逆变器 76 内部的电力切换元件 (例如,IGBT 等) 根据来自 ECU 90 的切换指令,以开 - 关的方式受控。由此,逆变器 76 将从燃料电池堆 12 或者电池组 74 输出的直流电压转变为三相交流电压以控制交流电动机 78 的旋转扭矩。交流电动机 78 是,例如三相同步交流电动机,并且构成燃料电池动力车辆的动力源。

[0037] 辅助设备 80 通常表示在燃料电池系统 10 中各个部分处设置的各个电动机 (例如,诸如泵等的动力源)、用于驱动这些电动机的逆变器以及各种类型的车载辅助设备 (例如,空气压缩机、喷射器、冷却剂循环泵、散热器等)。

[0038] ECU 90 是配备有 CPU、ROM、RAM 和输入 / 输出接口的计算机系统,并且控制燃料电池系统 10 的各个部分。例如,当接收到从点火开关 (未示出) 输出的起动信号 IG 时,ECU 90 开始操作燃料电池系统 10,并且基于从加速器传感器输出的加速器操作量信号 ACC、从车辆速度传感器输出的车辆速度信号 VC 等来计算整个系统所需的电力。整个系统所需的电力是车辆行驶所需的电力和辅助设备所需的电力之和。

[0039] 在这种情况下,用于辅助设备的电力包括车载辅助设备 (空气压缩机、氢泵、冷却剂循环泵等)、导致车辆行驶所需的装置 (变速器、车轮控制装置、转向装置、悬挂装置等)、在乘客空间设置的装置 (空调、照明器材、音频设备等) 等所消耗的电力。

[0040] 然后,ECU 90 设定燃料电池堆 12 和电池组 74 之间的输出电力的分配比,并且控制空气供应系统 30 和氢供应系统 50,使得燃料电池堆 12 产生的电力的量与目标电力的量一致。ECU 90 还控制 DC/DC 变换器 72 来调节燃料电池堆 12 的输出电压,由此控制燃料电池堆 12 的操作状态 (FC 电压和 FC 电流)。此外,ECU 90 向逆变器 76 输出,例如 U 相交流电压指令值、V 相交流电压指令值和 W 相交流电压指令值来控制交流电动机 78 的输出扭矩和转速,使得获得与加速器操作量相对应的目标扭矩。

[0041] 图 2 是构成燃料电池堆 12 的每个单位燃料电池 20 的分解透视图。单位燃料电池 20 由固体聚合物电解质隔膜 22、阳极侧电极 23、阴极侧电极 24 以及分离器 25 和 26 构成。阳极侧电极 23 和阴极侧电极 24 是夹紧聚合物电解质隔膜 22 以建立三明治结构的扩散电极。由对气体不可渗透的导电构件构造的分离器 25 和 26 进一步夹紧三明治结构的两侧以

在阳极侧电极 23 和阴极侧电极 24 之间形成氢和空气的流动通道。

[0042] 作为氢流动通道的具有凹形横截面的多个平行沟槽 27 被形成在分离器 25 中。另外,作为空气流动通道的具有凹形横截面的多个平行沟槽 28 以与氢流动通道沟槽 27 相垂直的方向上形成在分离器 26 中。应该注意,由于分离器 25 和 26 中的每个对于邻近的单位燃料电池是共用的,所以空气流动通道沟槽 28 被形成在与其中形成氢流动通道的一侧相反的分分离器 25 的表面中,并且氢流动通道沟槽 27 被形成在与其中形成空气流动通道的一侧相反的分分离器 26 的表面中。

[0043] 阳极侧电极 23 主要由携带铂类型金属催化剂 (Pt、Pt-Fe、Pt-Cr、Pt-Ni、Pt-Ru 等) 的碳粉未来制成,并且具有与固体聚合物电解质隔膜 22 接触的催化层 23a,以及在催化层 23a 的表面上形成的、可渗透空气并且是导电性的气体扩散层 23b。同样地,阴极侧电极 24 具有催化层 24a 和气体扩散层 24b。例如,通过在有机溶剂中扩散携带铂或者铂与其他金属的合金的碳粉末,向其中加入电解质溶液以制成混合糊状物,并将得到的混合物丝网印刷到聚合物电解质隔膜 22 上来形成催化层 23a 和 24a 中的每个。此外,气体扩散层 23b 和 24b 可以由碳毡、碳纸或从碳纤维线编织的碳纤维布来形成。聚合物电解质隔膜 22 是呈现质子传导性的离子交换膜,其由诸如氟树脂的固体聚合物材料形成,并在湿润时呈现良好的导电性。

[0044] 接下来,将描述如上阐述的燃料电池系统 10 的操作。当用户开启点火开关时,启动信号 IG 被输入到 ECU 90。因此,ECU 90 闭合系统主继电器 14,并向燃料电池堆 12 供应氢和空气以开始燃料电池系统 10 的操作。

[0045] 在燃料电池系统 10 中,通过其中燃料电池堆 12 的操作模式间歇切换的间歇操作来提高发电效率。例如,当燃料电池系统 10 在低负载下操作,相应地发电效率低时,燃料电池系统 10 执行一种操作控制,其中用于燃料电池堆 12 的发电指令值被设定为零。在这种情况下,燃料电池系统 10 使用来自电池组 74 的电力来驱动车辆并操作系统 (在下文称为“第一操作模式”)。燃料电池系统 10 也可以在基于加速器操作量、车辆速度等来计算用于燃料电池堆 12 的发电指令值之后执行操作控制,并且仅从燃料电池堆 12 产生的电力或者从燃料电池堆 12 和电池组 74 这二者产生的电力中获得运行车辆和操作系统所需的电力 (在下文称为“第二操作模式”)。

[0046] 但是,在任一个操作模式中,在正常操作期间的燃料电池堆 12 的输出电压范围在最大操作电压 V1 和最小操作电压 V2 之间。最大操作电压 V1 例如低于燃料电池堆 12 的开路电压,并且落入在其中催化层 23a 和 24a 中包括的铂催化剂不洗脱的电压范围内。如上所述,燃料电池堆 12 的输出电压被控制为保持等于或低于最大操作电压 V1 以防止燃料电池堆 12 的催化剂劣化,并且将被称为“高电势避免控制”。此外,最大操作电压 V1 有时被称为高电势避免电压。最大操作电压 V1 可以被设定为,例如使得每个单位燃料电池 20 的电压变得近似等于最大输出电压的 90%。

[0047] 最小操作电压 V2,例如落入下述电压范围,在该电压范围中,每个单位燃料电池的电池电压不降到还原区域。如果燃料电池堆 12 连续操作在氧化区域中,则在阴极侧电极 24 的催化层 24a 中包括的铂催化剂表面上形成氧化物层,并因此减小铂催化剂的有效面积。结果,激活电压增加,并因此使燃料电池堆 12 的 I-V 特性劣化。通过执行催化剂活化处理来从铂催化剂中还原和去除氧化物层,能够恢复 I-V 特性。但是,如果电池电压在氧化区域

和还原区域之间频繁地转变,则燃料电池堆 12 的耐用性降低。此外,如果响应于所需负载的增加,电池电压被降低到还原区域,然后被升高到氧化区域,则携带铂催化剂的碳粉末可以被氧化。因此,为了最小化燃料电池堆 12 的耐用性的降低,在正常操作期间,燃料电池堆 12 的输出电压被控制为等于或高于最小操作电压 V2 的电压。最小操作电压 V2 可以被设定为例如使得每个单位燃料电池 20 的电压变得近似等于最大输出电压的 80%。

[0048] 在第一操作模式中,ECU 90 将电力指令值设为零,停止向燃料电池堆 12 供应反应气体,并且将用于 DC/DC 变换器 72 的电压指令值设定为最大操作电压 V1。即使在给燃料电池堆 12 的反应气体的供应停止之后,剩余在燃料电池堆 12 中的充足的未反应的氢和氧暂时维持最大操作电压 V1。因此,继续产生少量的电力一段时间,并且燃料电池堆 12 的输出电压保持在最大操作电压 V1。

[0049] 从残留反应物中产生的电力被辅助设备 80 消耗。如果该电力不能被辅助设备 80 完全消耗,则剩余电力用于对电池组 74 充电。因此,在发电中消耗燃料电池堆 12 中残留的氢和氧。然后,由于氢和氧量的减少,燃料电池堆 12 的输出电压不能保持在最大操作电压 V1,并且发电停止。此后,燃料电池堆 12 的输出电压逐渐下降。

[0050] 当燃料电池堆 12 的输出电压降到最小操作电压 V2 时,驱动空气供应系统 30 向燃料电池堆 12 供应氧(空气)以产生电力。因此,燃料电池堆 12 的输出电压开始升高。燃料电池堆 12 的输出电压一旦达到预定电压,就停止氧的供应。以这种方式,在使用残留气体发电周期期间,每次燃料电池堆 12 的输出电压降到最小操作电压 V2 时继续向燃料电池堆 12 供应氧气。也就是说,燃料电池堆 12 的输出电压保持在最小操作电压 V2 处或高于最小操作电压 V2。

[0051] 在第二操作模式中,ECU 90 根据所需负载来计算发电指令值,控制对燃料电池堆 12 的氢和空气的供应,并且通过 DC/DC 变换器 72 来控制燃料电池堆 12 的操作状态。在这种情况下,用于 DC/DC 变换器 72 的电压指令值被保持在最大操作电压 V1 和最小操作电压 V2 之间。

[0052] 接着,将描述如上所述间歇性操作的用于停止燃料电池系统 10 的操作的控制。当用户关闭点火开关时,取消起动信号 IG 的指令,即系统操作停止指令被输入到燃料电池系统 10 中的 ECU 90。响应于该指令,ECU 90 停止驱动空气供应系统 30 的空气压缩机 38 并闭合截流阀 42 和 44 以停止对燃料电池堆 12 的空气供应,并且还停止操作氢供应系统 50 的循环泵 60 并闭合截流阀 61、62、64 等以停止对燃料电池堆 12 的氢供应。此外,ECU 90 关断逆变器 76,并且例如停止操作车载辅助设备中包括的各种泵和电动机以停止除 DC/DC 变换器 72 和系统主继电器 14 之外的整个系统的操作。

[0053] 当一旦停止对燃料电池堆 12 的氢和氧的供应,DC/DC 变换器 72 和逆变器 76 被关断并且系统主继电器 14 断开时,从燃料电池堆 12 中残留的氢和氧继续产生少量的电力。结果,燃料电池堆的输出电压升高到开路电压。

[0054] 因此,在根据本发明实施例的燃料电池系统 10 中,即使在已经接收到系统操作停止指令之后,继续驱动 DC/DC 变换器 72,以便执行高电势避免控制持续预定时间。

[0055] 图 3 是示出在发出系统操作停止指令之后燃料电池堆 12 的输出电压(FC 电压)如何变化的曲线图。该曲线图的横坐标代表时间,并且时刻 0 代表发出系统操作停止指令的时间点。

[0056] 在图 3 中应该注意,稍微偏移地示出了指示用于 DC/DC 变换器 72 的电压指令的长短交替短划线以及指示 FC 电压的实线。这意在使得容易地看到 FC 电压被保持在 DC/DC 变换器 72 的电压指令值处。事实上,用于 DC/DC 变换器 72 的电压指令和 FC 电压彼此一致。此外,图 3 所示的虚线指示当系统操作停止之后不执行高电势避免控制时 FC 电压如何变化(对于图 4 和 5 也同样如此)。

[0057] 当发出系统操作停止指令时,车辆通常停止,或者以极低的速度移动使得其几乎停止。因此,燃料电池堆 12 被控制在低负载范围的第一操作模式中。因此,ECU 90 以用于 DC/DC 变换器 72 的、保持在最大操作电压 V1 的电压指令值继续驱动 DC/DC 变换器 72。但是,即使当发出系统操作停止指令时用于 DC/DC 变换器 72 的电压指令值没有被设定为最大操作电压 V1,然后电压指令值也被设定为最大操作电压 V1。基于该电压指令值来继续驱动 DC/DC 变换器 72。

[0058] 即使在对燃料电池堆 12 的氢和氧的供应停止之后,通过燃料电池堆 12 中残留的氢和氧的电化学反应继续产生少量电力。但是,基于上述电压指令来驱动 DC/DC 变换器 72,并且燃料电池堆 12 的输出电压被保持在最大操作电压 V1 处。然后,当燃料电池堆 12 中剩余的氧通过发电而消耗并且数量减少时,燃料电池堆 12 的输出电压不能再保持在最大操作电压 V1 处。结果,发电停止,然后上述输出电压开始从最大操作电压 V1 降低。

[0059] 应该注意,在这个发电周期期间,利用从燃料电池堆 12 产生并输出的电力给电池组 74 充电。但是,如果由于 SOC 而不能向电池组 74 充电,可以驱动辅助设备中的至少一个(例如,冷却剂循环泵等)来消耗这些电力。

[0060] 当基于电压传感器 16 检测的电压来确定燃料电池堆 12 的输出电压已经开始下降时,即,从系统操作停止指令输入到 ECU 90 开始已经流逝了预定时间 t1 之后,ECU 90 关断 DC/DC 变换器 72 并断开系统主继电器 14。此后不久,燃料电池堆 12 的输出电压变得等于零。

[0061] 如上所述,在根据本发明的这个实施例的燃料电池系统 10 中,通过即使在系统操作停止指令输入到 ECU 90 之后继续驱动 DC/DC 变换器 72,执行高电势避免控制持续预定时间 t1,以保持燃料电池堆 12 的输出电压低于最大操作电压 V1。因此,防止燃料电池堆 12 的输出电压在系统操作停止之后升高到开路电压,由此使燃料电池堆 12 的催化剂的劣化最小化。

[0062] 应该注意,在上面预定时间 t1 被描述为基于电压传感器 16 检测的电压来确认燃料电池堆 12 的输出电压已经开始下降所需的时间。但是,预定时间 t1 不局限于这样的时间。例如,当对燃料电池堆 12 的氧供应停止时,根据所述堆中空气流动通道的体积来确定在所述堆中剩余的氧量,并且直到剩余氧耗尽由此结束发电所需的时间可以通过实验等预先确定为燃料电池堆 12 的固有值。因此,ECU 90 可以将预定时间 t1 预先存储在 ROM 中,在接收系统操作停止指令时激活定时器,并且例如,在流逝了预定时间 t1 之后关断 DC/DC 变换器 72。

[0063] 图 4 是示出在系统操作停止之后执行的另一形式的高电势避免控制期间 FC 电压如何变化的曲线图。在这另一形式的高电势避免控制中,在系统操作停止之后的高电势避免控制期间,ECU 90 将用于 DC/DC 变换器 72 的电压指令从最大操作电压 V1(第一值)降低到最小操作电压 V2(第二值)。通过如此减小用于 DC/DC 变换器 72 的电压指令值,促进

燃料电池堆 12 中的发电。因此,加速残留氧的消耗,在短于图 3 所示的预定时间 t_1 的时间 t_2 中发电停止,并且可以减少在系统操作停止之后驱动 DC/DC 变换器 72 的时间。结果,使当系统操作停止时与当关断 DC/DC 变换器 72 并断开系统主继电器 14 时之间的时间段尽可能短。

[0064] 在这种情况下,从燃料电池堆 12 产生并输出的电力会变得对于电池组 74 能够用来充电的电力来说过大,并且电池组 74 会被损坏。因此,为了避免这个问题,ECU 90 确定将电压指令值从 V_1 减小到 V_2 的速率,以避免其中产生的电力超过电池组能够用来充电的电力的情况,并且基于 SOC 和电池组 74 的输入限制 W_{in} 来监控电池组能够用来充电的电力。尽管图 4 中所示的电压指令值从 V_1 减小到 V_2 的速率是恒定的,但是减小的速率也可以被设定为使得电压指令值以陡坡来减小,然后逐渐沿着平缓曲线下降。

[0065] ECU 90 暂时将用于 DC/DC 变换器 72 的电压指令值减小到最小操作电压 V_2 ,将电压指令值增加到最大操作电压 V_1 ,然后停止驱动 DC/DC 变换器 72。电压指令值的增加限制了从燃料电池堆 12 产生并输出的电力。因此,增加电压指令值的速率可以设定为使得电压指令值以陡坡或者垂直地增加(见图 5)。

[0066] 图 5 是示出在系统操作停止之后执行的又一形式的高电势避免控制期间 FC 电压如何变化的曲线图。该高电势避免控制类似于图 4 所示的在其中暂时减小用于 DC/DC 变换器 72 的电压指令的高电势避免控制。但是,这些形式的高电势避免控制之间的不同在于尽管在图 4 中电压指令值沿着三角形的形状逐渐地下降和升高,但是在图 5 中电压指令值沿着梯形的形状逐渐地变化,即下降到电压值 V_2 ,被保持在电压值 V_2 持续预定时间 t_4 ,然后返回到最大操作电压 V_1 。在这种情况下,当电压值 V_2 被设定在单位燃料电池的还原区域的电压范围中时,每次系统操作停止时可以执行预定时间 t_4 期间的从铂催化剂中去除氧化物层的催化剂活化处理。因此,有效地保持了燃料电池堆 12 的催化的功能。

[0067] 应该注意,上面已经描述了在其中燃料电池堆间歇操作的燃料电池系统,但是本发明不应限制于这样的燃料电池系统。本发明也可以应用于在其中执行高电势避免控制而没有执行间歇操作的燃料电池系统。

[0068] 此外,在本发明的上述实施例中,燃料电池系统 10 被描述为安装在燃料电池动力车辆中。但是,根据本发明的燃料电池系统不限于此应用。例如,可以安装根据本发明的燃料电池系统作为用于移动除了燃料电池动力车辆(机器人、船、飞行器等)或者工业机器(建筑机器、农业机器等)之外的对象的电源。可替代地,根据本发明的燃料电池系统可以用作用于房间、建筑物等的电力发电机(固定的发电系统)。

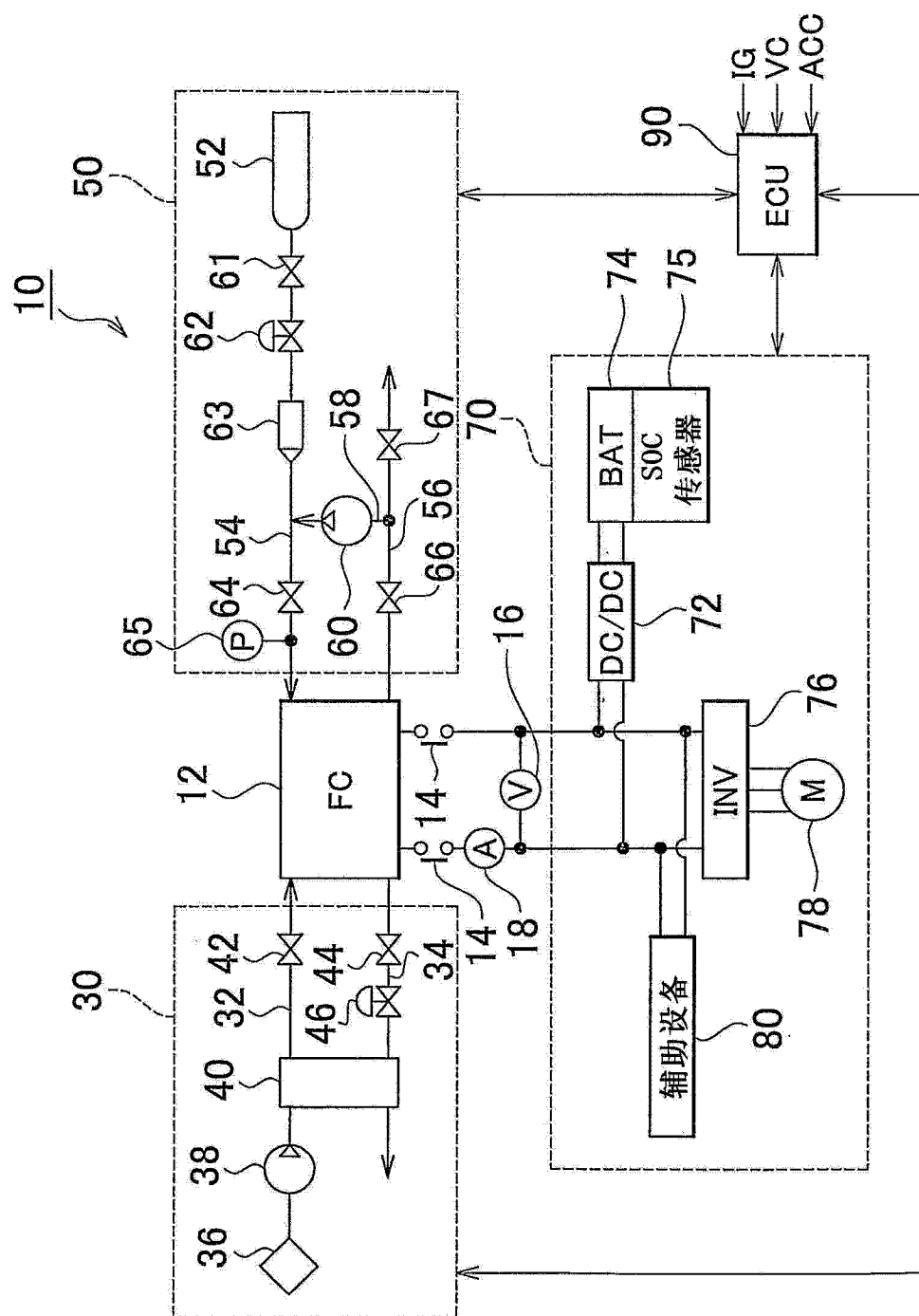


图 1

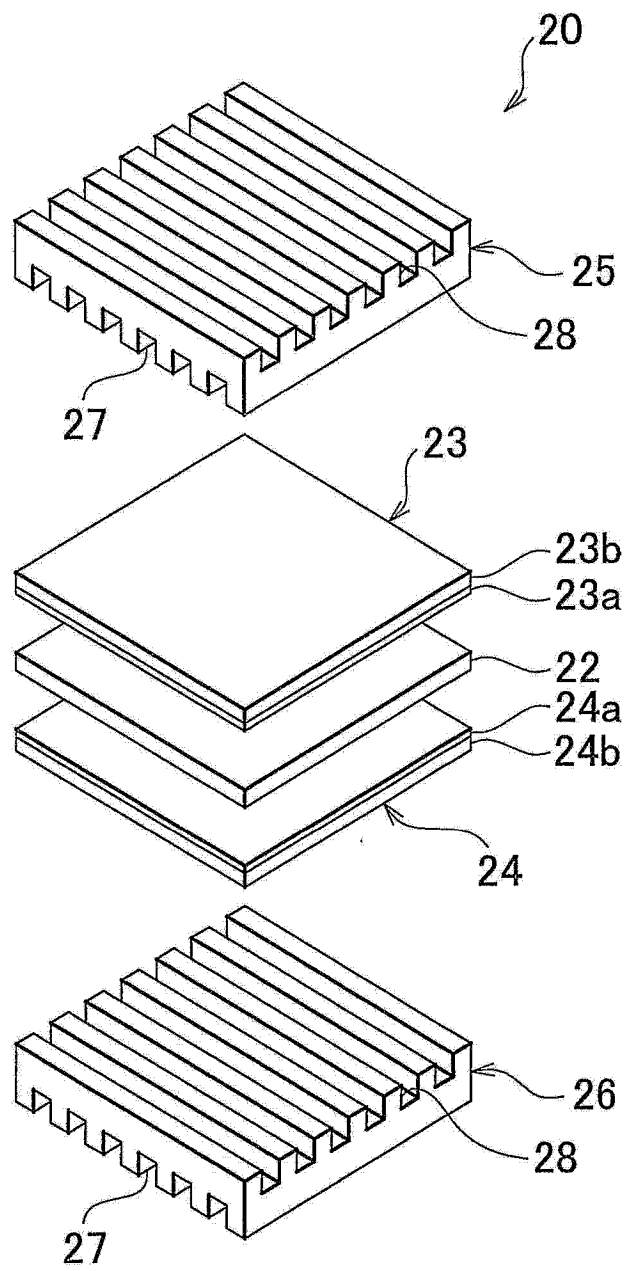


图 2

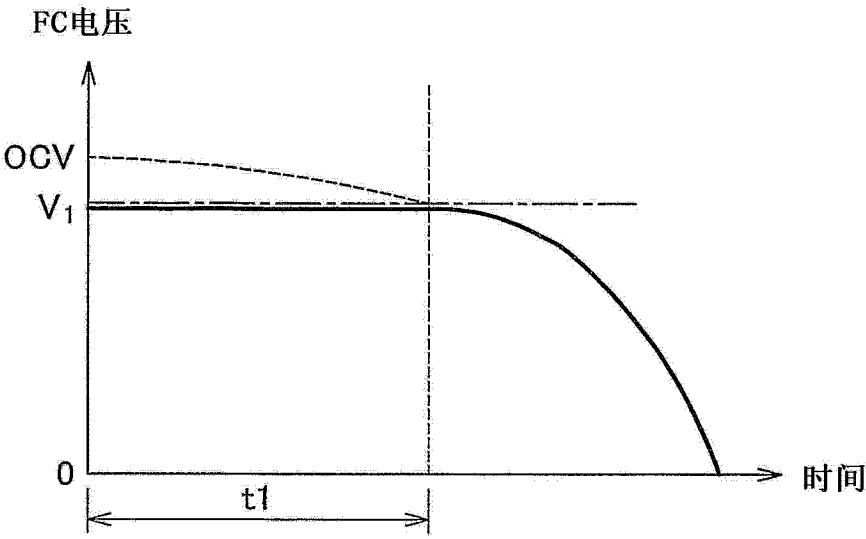


图 3

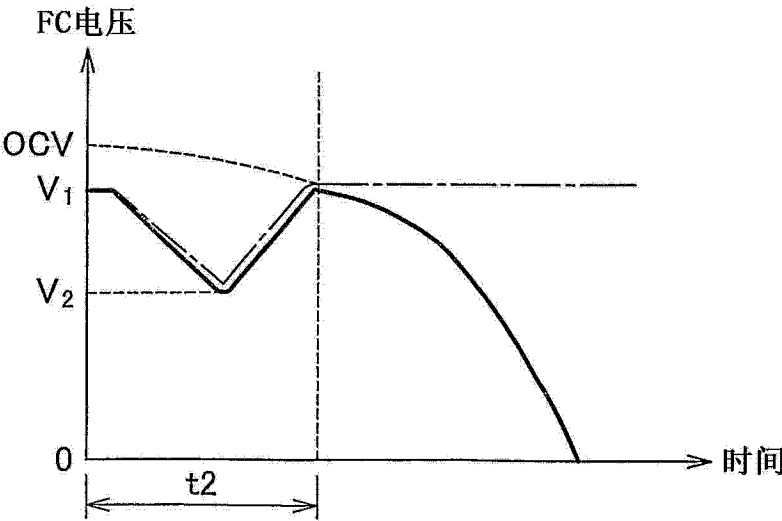


图 4

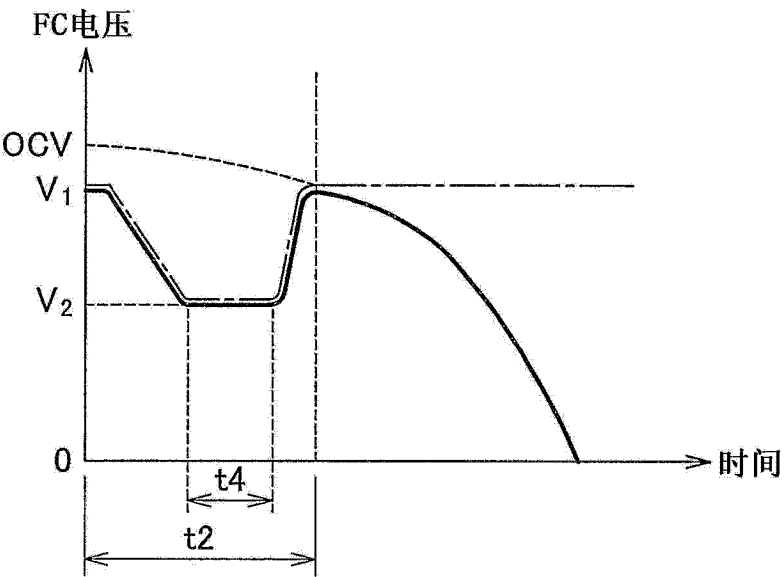


图 5